
ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПРОЦЕСИ Й УСТАТКУВАННЯ

УДК 697.31

А.М. ГАНЖА, д-р техн. наук; проф. НТУ «ХПІ»;
Н.А. МАРЧЕНКО, канд. техн. наук; доц. НТУ «ХПІ»;
В.М. ПІДКОПАЙ, аспірант НТУ «ХПІ»

**ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО
МАСИВУ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Побудовано методи і засоби визначення надійності теплопостачання житлового масиву на основі системного математичного моделювання теплогідравлічних процесів з урахуванням взаємного впливу елементів системи і впливу зовнішніх факторів. Моделювання теплогідравлічного режиму теплової мережі показало, що він дуже складний, має низьку надійність і система підлягає реконструкції.

Ключові слова: система теплопостачання, надійність, гідравлічний розрахунок, тепловий розрахунок, системний аналіз, математичне моделювання.

Вступ. На даний час теплопостачання житлових масивів багатьох міст здійснюється від великих джерел теплової енергії, що обладнані водогрійними та паровими котлами, які були введені в експлуатацію 30–40 років тому. Котельні розташовані на значній відстані від масивів, а теплові мережі від них мають значний знос. Транспортування теплоносія від джерел до мікрорайонів здійснюється по магістральним трубопроводам, що мають, як правило, великі діаметри. Це обумовлює значні теплові втрати при постачанні теплової енергії до масивів. Крім того, стан ізоляції на цих трубопроводах, як правило, незадовільний, що збільшує теплові втрати. Великі відстані, на які транспортується теплоносій, обумовлюють значні витрати електроенергії на транспортування та розподіл. Ще однією особливістю є те, що місцеві теплові мережі опалення підключені в основному по залежній схемі через теплорозподільчі пункти (ТРП) та елеваторні системи. Стан елеваторів часто буває незадовільними, що погіршує якість опалення будинків або призводить до погіршення якості і надійності теплопостачання. У останній час деякі споживачі відмовляються від централізованого теплопостачання, що зменшує потребу в постачанні теплової енергії. Крім того, самі схеми теплопостачання мають невисоку надійність.

Постановка задачі. У цій роботі розглянута саме така система теплопостачання житлового масиву великого міста (див. рис. 1). Джерело теплопостачання (котельня) розташоване за рівнем землі більш ніж на 70 м вище житлового мікрорайону. Між котельнею та мікрорайоном передбачена понижуюча насосна станція. Котельня і насосна станція знаходяться в експлуатації з 1960-х років. Проектом був передбачений технологічний захист трубопроводів теплових мереж споживачів нижньої зони від неприпустимого підвищення тиску в них при гідроударі в результаті знеживлення (зупинки) мережних насосів насосної станції, а саме установка скидних клапанів. Як показала практика експлуатації цієї системи, вона не є надійною. При аварійних перервах в електропостачанні насосної в опалювальному сезоні періодично мають місце гідроудари та ушкодження теплових мереж, а також змушені перерви в теплопостачанні споживачів.

Тому враховуючи вищесказане, розробка і наукове обґрунтування методів і засобів визначення надійності теплопостачання житлового масиву на основі системного математичного моделювання теплогідравлічних процесів являється актуальною задачею в енергозбереженні.

© А.М. Ганжа, Н.А. Марченко, В.М. Підкопай, 2013

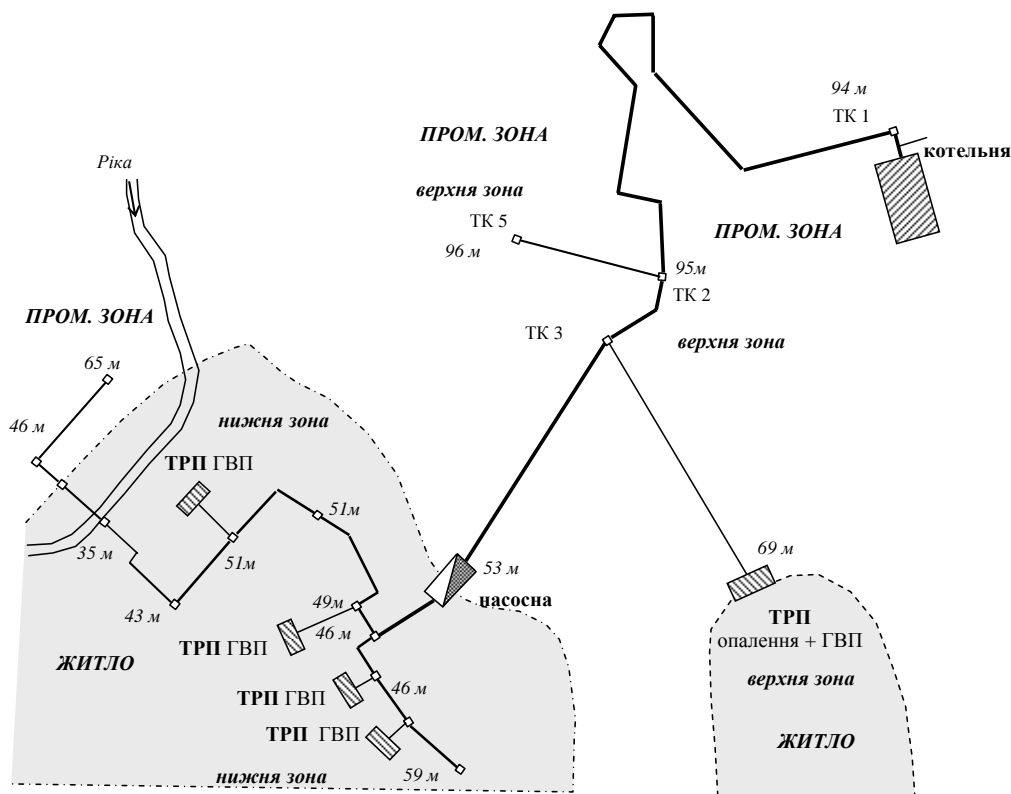


Рис. 1 – Схема теплопостачання житлового масиву:
ГВП – гаряче водопостачання; ТК – теплова камера; ТРП – теплорозподільчий пункт

Основна частина. Моделювання теплогідравлічного режиму теплової мережі проводилось з використанням розробленої на кафедрі теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХП» програми теплогідравлічного розрахунку складної теплової мережі з використанням методів теорії графів [1, 2] та методики визначення теплових втрат при транспортуванні теплоносія.

Сформований граф розрахунку теплової мережі представлено на рис. 2.

Вихідними даними для розрахунку є:

1) Характеристики кожної ділянки (дуги графу):

а) для теплотрас: діаметр трубопроводу; тип прокладання (надземне, підземне канальне чи в ґрунті); довжина ділянки (з урахуванням компенсаторів); нормативна шорсткість внутрішньої поверхні; коефіцієнт місцевих втрат; температура навколишнього середовища (повітря чи ґрунту);

б) для насосів: кількість включених паралельно; номінальна потужність електродвигуна; гідравлічна характеристика (повний напір та ККД від продуктивності);

в) для арматури (клапани, засувки, елементи обладнання): кількість елементів, включених паралельно; сумарний коефіцієнт втрат (у квадратичному законі);

г) для теплової мережі споживачів: сумарний коефіцієнт втрат (у квадратичному законі); підключене теплове навантаження; нормативна температура повітря в середині приміщень;

д) для підігрівачів гарячої води: сумарний коефіцієнт втрат (у квадратичному законі); підключене теплове навантаження; нормативна температура гарячої води.

2) Характеристики кожного вузла (вершини графу):

а) висота;

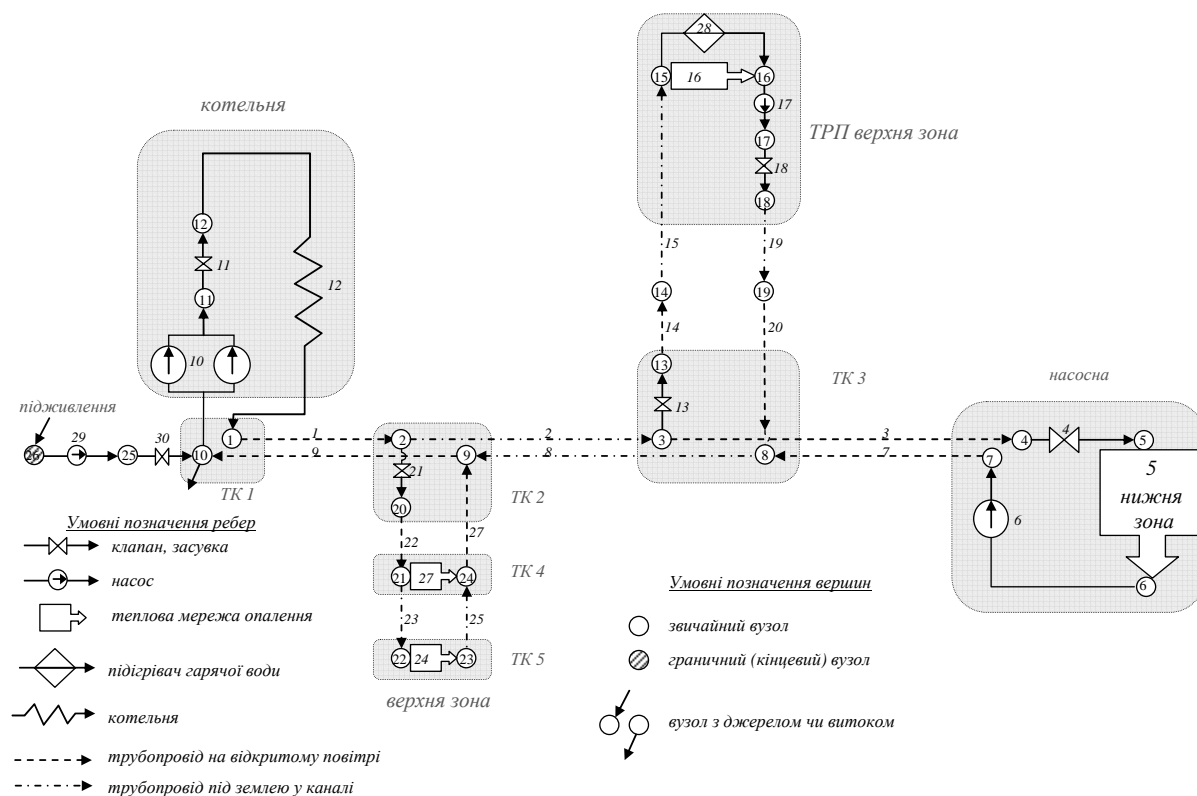


Рис. 2 – Граф системи тепlopостачання житлового масиву

б) якщо вузол джерело – витрата та температура, теплоносія що додається, тепловий потік у вузол;

в) якщо вузол виток – витрата теплоносія та тепловий потік, що стікає з вузла ззовні;

г) для граничних вузлів – статичний тиск та температура теплоносія.

3) Характеристики графу схеми теплової мережі:

а) матриця з'єднань (інцидентів): номер ребра (ділянки); ідентифікатор типу; початковий та кінцевий вузол.

б) перелік та тип граничних вузлів (джерело чи виток);

4) Характеристики роботи теплової мережі (температурні графіки, температури оточуючого середовища).

Усі ці дані зберігаються у базі даних.

Додатково у розрахунковій програмі використовуються:

а) формули для питомих безрозмірних теплових характеристик теплової мережі споживачів та підігрівачів гарячого водопостачання з [3];

б) норми питомих теплових втрат з 1 м довжини в залежності від типу прокладання ділянки теплотраси з [4] з урахуванням коефіцієнтів, що враховують фактичний стан ізоляції кожної ділянки;

в) теплофізичні властивості води від тиску і температури;

г) формули для гідравлічних і місцевих опорів ділянок з [5].

Для ідентифікації сумарних коефіцієнтів втрат деяких ділянок теплової мережі (теплова мережа споживачів, підігрівачі) та коефіцієнтів місцевих втрат трубопроводів використовуються дані замірів параметрів теплогідравлічного режиму в характерних вузлах системи.

Розрахунок гідравлічного режиму теплової мережі проводився в таких варіантах:

- 1) нормальний режим (для верифікації моделі);
- 2) відключено підкачувальний насос на ТРП верхньої зони;
- 3) відключено підкачувальний насос на насосній;
- 4) відключено підкачувальний насос на насосній та підкачувальний насос на ТРП верхньої зони;
- 5) відключено мережні насоси на котельні;
- 6) відключено мережні насоси на котельні та підкачувальний насос на ТРП верхньої зони.

При аналізі даних розрахунку нормального режиму (варіант 1) встановлено, що розбіжність розрахункових даних з вихідними даними (по тискам і витратам) складає не більше 0,5 %, що говорить про адекватність моделі і можливість її застосування для інших режимів. Відпуск теплоти до споживачів нижньої зони і ТРП верхньої зони знаходиться в межах норми. Відпуск теплоти до споживачів, що підключені до теплотраси від ТК 2 до ТК 5 значно нижче норми (температури внутрішнього повітря 13–14 °С) у зв'язку з великими тепловими втратами, що пов'язані зі значною протяжністю теплотрас великого діаметру і малим тепловим навантаженням. Слід зазначити, що в розрахунку не були враховані теплові втрати в квартальній тепловій мережі.

При відключенні підкачувального насосу на ТРП верхньої зони (варіант 2) витрата теплоносія на ТРП падає в 2,4 рази, температура внутрішнього повітря і гарячої води знижується відповідно до 12°С і 35°С. Загальна витрата теплоносія незначно зменшується (з 1245 до 1218 т/год), що призводить до незначного підвищення його тиску в окремих точках схеми. До споживачів нижньої зони і теплотраси від ТК 2 до ТК 5 надходить трохи більше теплоносія, що призводить до незначного підвищення відпуску теплоти до них.

При відключенні підкачувального насосу на насосній (варіант 3) загальна витрата теплоносія через котли зменшується з 1245 до 983 т/год. Недопустимо підвищуються надлишкові тиски теплоносія в нижній зоні (перед регулюючим клапаном до 10 кгс/см², зворотного теплоносія нижньої зони – до 7,2 кгс/см²), у верхній зоні ТРП – до 9–10 кгс/см². Кількість теплоносія в нижній зоні зменшується на 25 %, що призводить до недовідпуску теплоти. В районі ТРП верхньої зони витрата теплоносія зростає на 15 %, що призводить до перетопу в цих споживачів. У зоні теплотраси від ТК 2 до ТК 5 витрата теплоносія зростає в 2 рази.

При відключенні підкачувального насосу на насосній та підкачувального насосу на ТРП верхньої зони (варіант 4) загальна витрата теплоносія через котли зменшується з 1245 до 966 т/год. Недопустимо підвищуються надлишкові тиски теплоносія у нижній зоні (перед регулюючим клапаном до 10 кгс/см², зворотного теплоносія нижньої зони – до 7,2 кгс/см²), у верхній зоні ТРП – до 7,5–9 кгс/см². Кількість теплоносія в нижній зоні зменшується на 22 %, що призводить до недовідпуску теплоти. В районі ТРП верхньої зони витрата теплоносія також падає на 22 %, що також призводить до недотопу в цих споживачів. В зоні теплотраси від ТК 2 до ТК 5 витрата теплоносія зростає у 2 рази.

При відключенні мережних насосів на котельні (варіант 5) загальна витрата теплоносія через котли зменшується з 1245 до 844 т/год. Тиски теплоносія у верхній зоні недопустимо низькі (особливо на прямому трубопроводі ТК 2, ТК 4 і ТК 5). Температура теплоносія в прямому трубопроводі ТК 2 близька до закипання. В мережі

теплотраси від ТК 2 до ТК 5 відбувається «перекидання» циркуляції з можливим закипанням теплоносія. В нижній частині та в районі ТРП верхньої зони витрата теплоносія падає на 32 %, що призводить до недотопу в цих споживачів.

При відключенні мережних насосів на котельні та підкачувального насосу на ТРП верхньої зони (варіант 6) загальна витрата теплоносія через котли зменшується з 1245 до 779 т/год. Це призводить до наслідків, як і в варіанті 5, тобто до зниження тиску теплоносія в нижній частині до неприпустимо низького рівня; температура теплоносія в прямому трубопроводі ТК 2 близька до закипання; в мережі теплотраси від ТК 2 до ТК 5 відбувається «перекидання» циркуляції з можливим закипанням теплоносія. На відміну від попереднього варіанта в нижній зоні витрата теплоносія падає на 25 %, що також призводить до недотопу в цих споживачів. У верхній зоні ТРП у цьому випадку також відбувається «перекидання» циркуляції, але ймовірність закипання менша, ніж у мережі теплотраси від ТК 2 до ТК 5. Таким чином «перекидання» циркуляції у цьому випадку відбувається у всій верхній зоні.

Виводи. Таким чином, побудовані методи і засоби визначення надійності теплопостачання житлового масиву на основі системного математичного моделювання теплогідравлічних процесів з урахуванням взаємного впливу елементів системи і впливу зовнішніх факторів. Моделювання теплогідравлічного режиму теплової мережі показало, що він дуже складний та має низьку надійність. Надійність окремих елементів складної системи відчутно впливає на роботу всієї системи та її ділянок. Тому існуюча схема теплопостачання повинна бути змінена з метою підвищення її ефективності та надійності. Розроблені методи і засоби можуть бути застосовані і для інших систем теплопостачання.

Список літератури: 1. Хасилев, В.Н. Методы и алгоритмы расчета тепловых сетей [Текст] / В.Н. Хасилев, А.П. Меренков, Б.М. Качанович [и др.]. – М.: Энергия, 1978. – 175 с. 2. Берж, К. Теория графов и ее применение [Текст] / К. Берж. – М.: ИЛ, 1962. – 319 с. 3. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст] / Е.Я. Соколов. – М.– Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 360 с. 4. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях: РД 34.09.255 (МУ 34-70-080-84) – М.: – Союзтехэнерго. – 1985. – 72 с. 5. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.

Поступила в редколлегию 09.01.13

УДК 697.31

Визначення надійності теплопостачання житлового масиву на основі системного математичного моделювання теплогідравлічних процесів [Текст] / А.М. Ганжа, Н.А. Марченко, В.М. Підкопай // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 14(988). – С. 142-146. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2078-774X.

Построены методы и средства определения надежности теплоснабжения жилого массива на основе системного математического моделирования теплогидравлических процессов с учетом взаимного влияния элементов системы и воздействия внешних факторов. Моделирование теплогидравлического режима тепловой сети показало, что он очень сложный, имеет низкую надежность и система подлежит реконструкции.

Ключевые слова: система теплоснабжения, надежность, гидравлический расчет, тепловой расчет, системный анализ, математическое моделирование.

The methods and means of determining the reliability of heat supply of housing estate in a systematic mathematical modeling of thermal-hydraulic processes taking into account the mutual influence of elements and the influence of external factors are building. Simulation of thermal-hydraulic manifold regime showed that it is very difficult, has low reliability and system to be reconstructed.

Keywords: heating system, reliability, hydraulic design, thermal design, system analysis, mathematical modeling.